

# **PARTICLE RADIATION DEVICE COMPRISING A PARTICLE SOURCE THAT IS OPERATED IN AN ULTRAHIGH VACUUM AND A CASCADE PUMP ASSEMBLY FOR A PARTICLE RADIATION DEVICE OF THIS TYPE**

**Publication number:** JP2004503063 (T)

**Publication date:** 2004-01-29

**Inventor(s):**

**Applicant(s):**

**Classification:**

- international: **F04D19/04; F04D25/00; H01J37/18; H01J37/28; F04D19/00; F04D25/00; H01J37/02; H01J37/28; (IPC1-7): H01J37/18; H01J37/28**

- European: **F04D19/04D; F04D25/00; H01J37/18**

**Application number:** JP20020508824T 20010703

**Priority number(s):** DE20001032607 20000707; WO2001EP07597 20010703

**Also published as:**

WO0205310 (A1)

US2004076529 (A1)

US6872956 (B2)

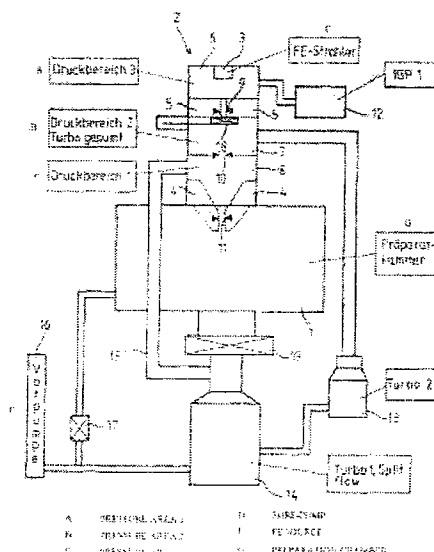
EP1299898 (A1)

EP1299898 (B1)

Abstract not available for JP 2004503063 (T)

Abstract of corresponding document: **WO 0205310 (A1)**

The invention relates to a particle radiation device comprising a particle source that is operated in an ultrahigh vacuum and a preparation chamber which can be operated using variable pressures of up to 1 hPa. The inventive particle radiation device has two intermediate pressure areas (7, 8) located between the ultrahigh vacuum area (6) and the preparation chamber (1). The two intermediate pressure areas (7, 8) are purged by means of a pump assembly consisting of a fore-pump (16) and two turbomolecular pumps (13, 14) connected in series, whereby one of the turbomolecular pumps (13) is purged first by the drag phase (24) of the other turbomolecular pump (14). In one example of the invention, the fore-pump (16) is also simultaneously used for evacuating the preparation chamber. In an alternative example, a second fore-pump (20) is provided for evacuating the preparation chamber (1). This assembly allows the ultrahigh vacuum in the ultrahigh vacuum area (6) to be maintained up to pressures of 100 hPa in the preparation chamber (1). The inventive particle radiation device is used in particular as a variable pressure scanning electron microscope (VP-SEM) or as an environmental scanning electron microscope (ESEM).



Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-503063

(P2004-503063A)

(43) 公表日 平成16年1月29日(2004.1.29)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H01J 37/18

H01J 37/28

F I

H01J 37/18

H01J 37/28

テーマコード (参考)

5C033

B

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 30 頁)

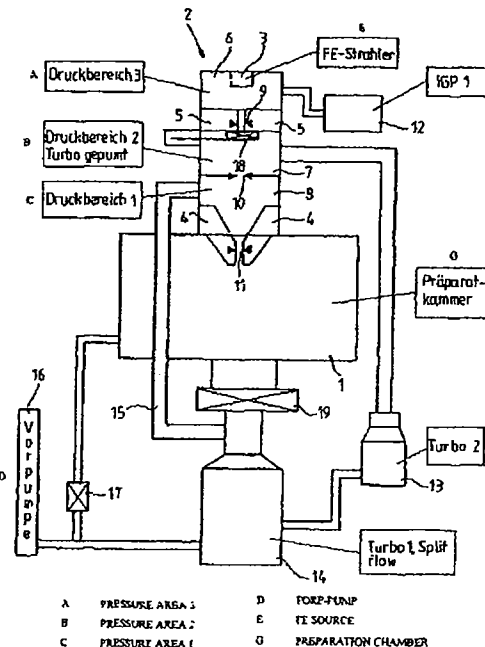
(21) 出願番号 特願2002-508824 (P2002-508824)  
 (86) (22) 出願日 平成13年7月3日 (2001.7.3)  
 (85) 翻訳文提出日 平成15年1月7日 (2003.1.7)  
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2001/007597  
 (87) 国際公開番号 WO2002/005310  
 (87) 国際公開日 平成14年1月17日 (2002.1.17)  
 (31) 優先権主張番号 100 32 607.2  
 (32) 優先日 平成12年7月7日 (2000.7.7)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)  
 (81) 指定国 EP (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), CZ, JP, US

(71) 出願人 598100036  
 エルエーオー・エレクトローネンミクロス  
 コピー・ゲーエムベーハー  
 ドイツ連邦共和国・73466・オーベル  
 コヒェン・カールツアイスシュトラ  
 セ・56  
 (74) 代理人 100064621  
 弁理士 山川 政樹  
 (72) 発明者 グノーク, パーター  
 ドイツ連邦共和国・72764・ロイトリ  
 ンゲン・グラゼルシュトラセ・4  
 (72) 発明者 ドレクセル, フォルカー  
 ドイツ連邦共和国・89551・ケーニヒ  
 スブロン・ダンツィゲルシュトラセ・3  
 Fターム(参考) 5C033 KK04 KK05 UU03

(54) 【発明の名称】 超高真空中で作動する粒子源を備えた粒子放射装置およびこの種の粒子放射装置のためのカスケード状ポンプ装置

## (57) 【要約】

本発明は、超高真空中で作動する粒子源と、1 hPa以下の可変圧力で作動可能なプレパレート室とを備えた粒子放射装置に関する。本発明による粒子放射装置は、超高真空領域(6)とプレパレート室(1)との間に正確に2つの中間圧力領域(7, 8)を有している。中間圧力領域(7, 8)は、フォアポンプ(16)と2つのターボ分子ポンプ(13, 14)とから成る直列のポンプ装置を用いて真空にされ、この場合一方のターボ分子ポンプ(13)は他方のターボ分子ポンプ(14)のドラッグ段(24)によって予めポンピングされる。本発明の1実施形態では、フォアポンプ(16)はプレパレート室を真空にするためにも用いられる。択一的な実施形態では、プレパレート室(1)を真空にするための第2のフォアポンプ(20)が設けられている。この配置構成により、超高真空領域(6)の超高真空はプレパレート室(1)が100 hPaの圧力になるまで維持される。本発明による粒子放射装置は特にいわゆるVariable Pressure SEM (VP-SEM) またはいわゆるESEMとして使用される。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第 1 および第 2 のターボ分子ポンプ (13, 14) を備えた粒子放射装置のためのカスケード状ポンプ装置であって、第 2 のターボ分子ポンプ (13) の吐出し側 (26) が第 1 のターボ分子ポンプ (14) のメインポンプポート (21) と吐出し側 (25) との間にある中間圧力領域 (24) により予めポンピングされているカスケード状ポンプ装置。

## 【請求項 2】

第 1 のターボ分子ポンプ (14) が、ドラグ段 (24) への接続部 (22) を備えたスプリットフローポンプであり、第 2 のターボ分子ポンプ (13) の吐出し側 (26) が第 1 のターボ分子ポンプ (14) のドラグ段 (24) に接続されている、請求項 1 に記載のカスケード状ポンプ装置。

## 【請求項 3】

第 1 のターボ分子ポンプ (14) の吐出し側 (25) を予めポンピングするための他のフォアポンプ (16) が設けられている、請求項 1 または 2 に記載のカスケード状ポンプ装置。

## 【請求項 4】

超高真空で作動する粒子源 (3) と、少なくとも 1 hPa 以下の高真空の圧力で作動可能なプレバート室 (1) とを有し、請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項に記載のカスケード状ポンプ装置が設けられている粒子放射装置。

## 【請求項 5】

粒子源の超高真空領域 (6) とプレバート室 (1) との間に正確に 2 つの他の中間圧力領域 (7), (8) が設けられている請求項 4 に記載の粒子放射装置。

## 【請求項 6】

超高真空領域 (6) に隣接している圧力領域が第 2 のターボ分子ポンプ (13) によりポンピングされている請求項 4, 5 のいずれか 1 項に記載の粒子放射装置。

## 【請求項 7】

第 1 のターボ分子ポンプ (14) がメインポンプポート (21) を介して、プレバート室 (1) に隣接している圧力領域 (8) にも直接接続されている請求項 4-6 のいずれか 1 項に記載の粒子放射装置。

## 【請求項 8】

フォアポンプ (16) が弁 (17) を介してプレバート室 (1) に直接接続されている請求項 7 に記載の粒子放射装置。

## 【請求項 9】

第 1 のターボ分子ポンプ (14) がさらに他の弁 (19) を介してプレバート室 (1) に直接接続されている請求項 4 から 8 までのいずれか 1 項に記載の粒子放射装置。

## 【請求項 10】

第 2 のフォアポンプ (20) が設けられ、プレバート室 (1) に接続されている請求項 8-9 のいずれか 1 項に記載の粒子放射装置。

## 【請求項 11】

超高真空領域 (6) を真空にするためのゲッターイオンポンプ (12) が設けられている請求項 4 から 10 までのいずれか 1 項に記載の粒子放射装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

本発明は、超高真空で作動する粒子源を備えた粒子放射装置およびこの種の粒子放射装置のためのカスケード状ポンプ装置に関するものである。

## 【0002】

米国特許第 5828064 号明細書には、電界放出源を備えたいわゆる環境走査電子顕微鏡 (Environmental Scanning Elektronenmikroskop ESEM) が記載されている。この種の ESEM を用いると、通常の大気圧で試料を電子顕微鏡で検査することができ、或いは、通常の大気圧よりもわずかに減圧して検

10

20

30

40

50

査することができる。他方、電界放出源と、しばしば電界放出源とも呼ばれるショットキーエミッターは超高真空を必要とするので、電子顕微鏡全体は3つの中間圧力段を備えた差動ポンプシステムとして構成されている。その結果システム全体は5つの圧力領域を有し、これら圧力領域は4つの圧力段または圧力段絞りによって互いに分離されている。ポンプに対するコスト以外にも、3つの中間圧力領域の真空接続部にスペースが必要であるので、電子光学的構成要素には必要としない付加的な高さが必要である。

【0003】

米国特許第4720633号明細書からは他のESEMが知られているが、電子源のチャンバーの真空は、装置を電界放出源で作動させるにはあまりにも不具合である。

【0004】

10

米国特許第5717204号明細書からは、半導体製造において検査用に使用する電子顕微鏡が知られている。超高真空領域と該超高真空領域に隣接している中間圧力領域とはゲッターイオンポンプにより真空にされている。試料室と該試料室に隣接している圧力領域とはそれぞれ別個のターボ分子ポンプによってポンピングされており、両ターボ分子ポンプは共通のフォアポンプの吸込み側に接続されている。通常この種の検査装置は、試料室の不具合な真空状態で作動するようには想定されていない。

【0005】

ドイツ連邦共和国特許公開第4331589A1号明細書からは、複数のターボ分子ポンプを互いに直列に接続したカスケード状ポンプ装置が知られている。このポンプ装置では、ターボ分子ポンプの吐出し側はその上流側に配置されたターボ分子ポンプのメインポートによって予めポンピングされる。この場合、前記上流側に配置されたターボ分子ポンプはT形部材を介して中間圧力領域にも接続されている。このカスケード状ポンプ装置により、上流側に配置されたターボ分子ポンプによってポンピングされる中間圧力領域の真空は、次に高い真空段によって負荷される。

20

【0006】

米国特許第4889995号明細書から知られている走査電子顕微鏡では、回転ポンプによって予めポンピングされるターボ分子ポンプは弁を介してプレパレート室を真空にするためにも、電子源および中間圧力領域のチャンバーを真空にするためにも並行的に用いられる。さらに、電子源とこれに隣接している両中間圧力領域とのチャンバーを真空にするために超高真空ポンプが設けられている。このようなポンプ装置によっても試料室が不具合な真空状態での作動は不可能である。

30

【0007】

日本応用物理学会、付録2、第249頁以下(1974年)の論文からは、オイル拡散ポンプから成るポンプ装置を備えた電子顕微鏡が知られている。しかしながら、オイル拡散ポンプは高圧でのポンプキャパシティが小さいために、プレパレート室を可変圧力で作動させることができねばならない電子顕微鏡には適していない。

【0008】

【特許文献1】米国特許第5828064号

【特許文献2】米国特許第4720633号

【特許文献3】米国特許第5717204号

40

【特許文献4】ドイツ連邦共和国特許公開第4331589A1

【特許文献5】米国特許第4889995号

【非特許文献1】日本応用物理学会、付録2、第249頁以下(1974年)

【0009】

本発明の目的は、試料室がほぼ周囲圧まで変化し、且つ粒子源の領域は超高真空であるにもかかわらず、簡潔な構成を有する粒子線放射装置、特に走査電子顕微鏡を提供することである。本発明の他の目的は、粒子線放射装置の簡潔な構成を可能にする真空システムを提供することである。

【0010】

上記の目的は、本発明によれば、請求項1の構成を備えたポンプ装置と、請求項4の構成

50

を備えた粒子放射装置とによって達成される。

【0011】

本発明による粒子放射装置用カスケード状ポンプ装置は2つのターボ分子ポンプを有し、そのうち第2のターボ分子ポンプは第1のターボ分子ポンプの出口側を予めポンピングするために用いられる。この場合、第2のターボ分子ポンプの吐出し側は第1のターボ分子ポンプのメインポートと吐出し側との間にある中間圧力領域に接続されている。

【0012】

第1のターボ分子ポンプはいわゆるスプリットフローポンプであってよく、ターボ分子ポンプのドラッグ段の領域にある付加的なポンプポートを有している。このドラッグ段ポンプポートは、第2のターボ分子ポンプを予めポンピングするために使用するのが有利である。

10

【0013】

ドラッグ段とは、通常のようにターボ分子ポンプにしばしば使用される機構であり、ステータのまわりを回転する、隆起部を備えたディスクと、エッジ領域に設けた穴とから構成される。ディスクはターボ分子ポンプの最後のロータプレートの出力側に配置され、ポンピングされたガスを補助的に圧縮するためのものである。

【0014】

予めポンピングされるターボ分子ポンプの中間圧力領域を、たとえばドラッグ段ポンプポートを予め真空にすることによって1つのターボ分子ポンプを予めポンピングすることにより、メインポンプポートの領域が予めポンピングされたターボ分子ポンプのガス流によって負荷されないという利点が得られる。これにより、予めポンピングされるターボ分子ポンプの二重機能にもかかわらず、メインポンプポートにより真空にされた領域の真空状態がより改善される。

20

【0015】

カスケード状ポンプ装置を備えた粒子放射装置は、超高真空で作動される粒子源と、高真空領域の圧力により少なくとも1 hPa（ヘクトパスカル H e k t o p a s c a l）までの $10^{-3}$  hPa以下の圧力で作動可能なプレバート室とを有している。本発明による粒子放射装置では、粒子源の超高真空領域とプレバート室との間に正確に2つの他の中間圧力領域が設けられている。

【0016】

したがって粒子放射装置は正確に4つの圧力領域を有し、すなわち粒子源が配置されている超高真空領域と、2つの中間圧力領域と、プレバート室とを有している。これにより本発明による粒子放射装置では全部で3つの圧力段が得られ、これら圧力段に対し全部で3つの圧力段絞りが必要である。

30

【0017】

3つの圧力段だけで済ませるために、超高真空領域に隣接している圧力領域は第2のターボ分子ポンプによりポンピングされている。さらに、このターボ分子ポンプの吐出し側はその上流側に配置されるターボ分子ポンプによって予めポンピングされる。この場合、ターボ分子ポンプの吐出し側はその上流側に配置されるターボ分子ポンプのドラッグ段に接続されている。このポンプ配置構成により、超高真空領域に隣接している圧力領域の圧力は $10^{-6}$  hPa以上の値に保持される。

40

【0018】

他の有利な実施態様では、第1のターボ分子ポンプのメインポンプポートはプレバート室に隣接している圧力領域に接続されている。これにより第1のターボ分子ポンプは二重機能を有することができ、すなわち第2のターボ分子ポンプの吐出し側を予めポンピングする機能と、試料室に隣接している圧力領域を真空にする機能を有する。

【0019】

さらに、第1のターボ分子ポンプの吐出し側を予めポンピングするフォアポンプを設けるのが有利である。このフォアポンプは、これに加えて、プレバート室を所望の圧力に真空にするためにも用いることができる。しかしながら、プレバート室の圧力が5 hPa以上の圧力でも作動可能でなければならないような粒子放射装置を使用する場合は、プレ

50

パラート質を真空にする第2のフォアポンプを設けて、第1のフォアポンプは、第1のターボ分子ポンプの吐出し側を予めポンピングするためにのみ用いるのが好ましい。

#### 【0020】

次に、図面に記載した実施形態に関し本発明をさらに詳細に説明する。

#### 【0021】

図1において(1)はプレパラート室、(2)は粒子放射装置の電子光学的コラムである。電子光学的コラム(2)は3つの圧力領域(6)、(7)、(8)を有し、これらの圧力領域はそれぞれ圧力段絞り(9)、(10)、(11)によって互いに分離されている。(幾何学的に見て)電子光学的コラム(2)の最上位の圧力領域(6)は、 $5 \times 10^{-8}$  hPaよりも低い圧力で超高真空を維持するように構成されている。この超高真空領域はゲッターイオンポンプ(12)を介して真空にされる。当該超高真空領域内には、電界放出源またはショットキーエミッターの形態の粒子源(3)が配置されている。

10

#### 【0022】

超高真空領域(6)とこれに隣接している中間圧力領域(7)の間には粒子放射装置のコンデンサ(5)が配置され、図1ではそのポールシューのみを図示した。コンデンサ(5)とほぼ同じ高さで、或いは、(電子の伝播方向に見て)コンデンサレンズ(5)のポールシュースリットの後方には、前記圧力段絞り(9)が配置されている。この圧力段絞り(9)は超高真空領域(6)とこれに隣接している中間圧力領域(7)との間で適当な圧力差を維持するためのものである。

#### 【0023】

第1の中間圧力領域(7)の後には第2の中間圧力領域(8)が設けられている。第2の中間圧力領域(8)は第2の圧力段絞り(10)によって第1の中間圧力領域(7)から分離されている。この第2の中間圧力領域(8)とプレパラート室との間には粒子放射装置の対物レンズ(4)が配置され、図1ではそのポールシューのみを図示した。対物レンズ(4)の間、或いは、(電子の伝播方向に見て)対物レンズ(4)のポールシューの前方には、第3の圧力段絞り(11)が配置されている。この第3の圧力段絞り(11)は第2の中間圧力領域(8)とプレパラート室(1)との間で適当な圧力差を確保するためのものである。

20

#### 【0024】

適当な真空条件を設定するため、図1の実施形態では、超高真空領域(6)用のゲッターイオンポンプ(12)以外に、フォアポンプ(16)と部分的には同様に直列に接続されている2つのターボ分子ポンプ(13)、(14)とから成るカスケード状のポンプ装置が設けられている。この場合フォアポンプ(16)は二重に機能を果たす。すなわちフォアポンプ(16)は、別個のパイプコネクションを介して直接プレパラート室(1)を真空にするために用いるとともに、第1のターボ分子ポンプ(14)の出口(25)を吸引するためにも用いる。この場合、プレパラート室(1)の真空状態はパイプコネクションに設けた弁(17)を介して調節可能である。プレパラート室の圧力は図示していない調節可能なガス供給弁を介して設定することができる。

30

#### 【0025】

第1のターボ分子ポンプ(14)は、出力が大きいいわゆるスプリットフローポンプとして構成され、三重に機能を果たす。メインポンプポート(21)の吸込み側接続部は、配管系(15)を介して、プレパラート室(1)に隣接している中間圧力領域(8)に直接フランジ結合され、これによりこの中間圧力領域を直接真空にする用を成している。同時にメインポンプポート(21)の吸込み側接続部は第2の弁(19)を介して直接プレパラート室(1)にフランジ結合されている。さらに、第1のターボ分子ポンプ(14)のドラグステップポート(22)の吸込み側接続部は第2のターボ分子ポンプ(13)の吐出し側に接続されており、その結果第1のターボ分子ポンプ(14)は、プレパラート室(1)に隣接している中間圧力領域(8)を真空にする機能に加えて、ドラグステップポート(22)を介して第2のターボ分子ポンプ(13)を予めポンピングする用をも成している。第2のターボ分子ポンプ(13)の吸込み側接続部(23)は、超高真空領域(

40

50

6)に隣接している中間圧力領域(7)に直接接続されている。

【0026】

上述したように、或いは以下で説明するように、1つの真空ポンプを1つの圧力領域に直接接続する限りにおいては、このポンプにより行なわれる圧力領域の真空化は直接に行われる。すなわち、このポンプから吐き出されたガス分子を、圧力領域と当該ポンプの吸込み側接続部との間において圧力段絞りを通過させる必要がない。

【0027】

以上説明した真空システムは、全部で4つの圧力領域を備えた差動ポンプ型真空システムである。

【0028】

直列に接続されているカスケード状のポンプ装置により、ただ1つのゲッターイオンポンプ(12)と、2つのターボ分子ポンプ(13)、(14)と、ただ1つのフォアポンプ(16)とを用いて、プレバート室(1)の圧力が5hPaないし $10^{-7}$ hPaである場合、超高真空室(6)内の圧力を $5 \times 10^{-8}$ hPa以下の超高真空に維持させることができる。プレバート室(1)内の圧力が所望の $10^{-2}$ hPaないし5hPaである場合、フォアポンプ(16)とプレバート室(1)の間にある弁(17)は開いており、第1のターボ分子ポンプ(14)とプレバート室(1)の間にある第2の弁(19)は閉じている。この場合プレバート室(1)内の真空は、フォアポンプ(16)を用いて達成可能な真空またはフォアポンプ(16)で設定された真空だけで決定されている。第1のターボ分子ポンプ(14)のドラグ段(24)を前もって真空にすることにより第2のターボ分子ポンプの吐出し側(26)を予めポンピングすることによって、且つ第1のターボ分子ポンプ(14)のポンプパワーのほぼ全部をプレバート室に隣接している中間圧力領域(8)をポンピングするためにのみ用いることによって、超高真空領域に隣接している中間圧力領域(7)を $10^{-4}$ hPaないし $10^{-6}$ hPaの真空に維持することが保証される。

【0029】

プレバート室(1)内の圧力がフォアポンプ(16)で達成できない $10^{-2}$ hPa以下の圧力の場合、フォアポンプ(16)とプレバート室(1)の間にある第1の弁(17)は閉じられ、プレバート室(1)と第1のターボ分子ポンプ(14)の間にある第2の弁(19)は開かれる。この場合、フォアポンプ(16)は第1のターボ分子ポンプ(14)を予めポンピングすることにのみ用いられる。このときプレバート室(1)も該プレバート室(1)に隣接している中間圧力領域(8)もターボ分子ポンプ(14)によって直接ポンピングされる。この場合、対物レンズ(4)内に配置されている圧力段絞り(11)は作用しない。この場合にも、第1のターボ分子ポンプ(14)により予めポンピングされる第2のターボ分子ポンプ(13)により、超高真空領域(6)に隣接している中間圧力領域(7)では $10^{-4}$ hPaないし $10^{-6}$ hPaの真空が維持される。

【0030】

両ケースとも、第1のターボ分子ポンプのドラグ段(24)は補助真空状態にあり、この補助真空状態により第2のターボ分子ポンプ(13)は $10^{-1}$ hPaないし $10^{-4}$ hPaの範囲で予めポンピングされる。

【0031】

上述した実施形態において、プレバート室(1)が開いても超高真空領域(6)の超高真空が維持されるように、電子光学的コラムの内部には、有利には超高真空領域と該超高真空領域に隣接している圧力領域(7)との間に遮断弁(18)が設けられている。遮断弁(18)はプレバート室(1)が開く前に閉じられる。これにより、フォアポンプ(16)と両ターボ分子ポンプ(13)、(14)とはプレバート室(1)が開いたときに停止させることができる。

【0032】

図2に図示した実施形態は概ね図1の実施形態に対応している。したがって図2において

10

20

30

40

50

は、図1の実施形態の構成要素に対応する構成要素には同一の符号を付した。両実施形態が一致している限りにおいては、図2に関しては図1の上記説明を参照してもらいたい。

### 【0033】

図2の実施形態と図1の実施形態との主要な違いは、図2の実施形態においてはフォアポンプ(16)が第1のターボ分子ポンプ(14)を予めポンピングするためにのみ用いられることである。ターボ分子ポンプ(14)の補助真空側のドラグ段(24)は第2のターボ分子ポンプ(13)を予めポンピングするために用いられる。プレバレート室(1)を真空にするため第2のフォアポンプ(20)が設けられ、そのポンプパワーは第1の弁(17')を介して調節可能である。第2のフォアポンプ(20)を備えたこの択一的なポンプ装置により、超高真空領域(6)内の超高真空を維持した状態で粒子放射装置をプレバレート室の圧力が100 hPa以下でも使用可能である。プレバレート室(1)の室内圧力が $10^{-2}$  hPa以下の場合、プレバレート室(1)も該プレバレート室(1)に隣接している中間圧力領域(8)も第1のターボ分子ポンプだけを介してポンピングされる。この場合、第2のフォアポンプ(20)とプレバレート室(1)との間にある第1の弁(17')は閉じており、第1のターボ分子ポンプ(14)とプレバレート室(1)との間にある第2の弁(19)は開いている。これに対して圧力が $10^{-2}$  hPaないし100 hPaの場合には第1の弁(17')は開いており、その結果プレバレート室(1)は第2のフォアポンプ(20)によって真空にされ、第2の弁(19)は閉じられる。この実施形態の場合、プレバレート室(1)と該プレバレート室に隣接している中間圧力室(8)との間でより高い室圧によってより強いガス流を生じさせるため、第1のフォアポンプ(16)は第1のターボ分子ポンプ(14)を予めポンピングするためにのみ用いられ、これにより第1のターボ分子ポンプ(14)の搬送パワーは対応的に高くなる。この場合も、 $10^{-1}$  hPaないし $10^{-4}$  hPaの範囲の補助真空状態にある第1のターボ分子ポンプ(14)のドラグ段(24)によって予めポンピングされる第2のターボ分子ポンプ(13)は、超高真空領域(6)に境を接している中間圧力領域(7)が $10^{-5}$  hPaないし $10^{-6}$  hPaの範囲の真空に維持されるのを保証する。

### 【0034】

図2に図示した実施形態の場合、超高真空領域(6)とプレバレート室との間には、10程度の圧力差、すなわち $10^{10}$  hPaの圧力差が2つの中間圧力領域だけを介して維持される。

### 【0035】

基本的には、引用した従来技術の場合と同様に、超高真空領域に境を接している中間圧力領域(7)をも第2のゲッターイオンポンプを用いて真空にしてもよい。この場合には、プレバレート室(1)に境を接している中間圧力領域は、1つのターボ分子ポンプのドラグ段によって予めポンピングされるターボ分子ポンプにより真空にされる。しかしながら、この場合第2のゲッターイオンポンプは非常に高いポンプパワーを持つように設計されていなければならない、これによりゲッターイオンポンプのサイズが大きくなるので、電子光学的コラムの高さも大きくなってしまう。

### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

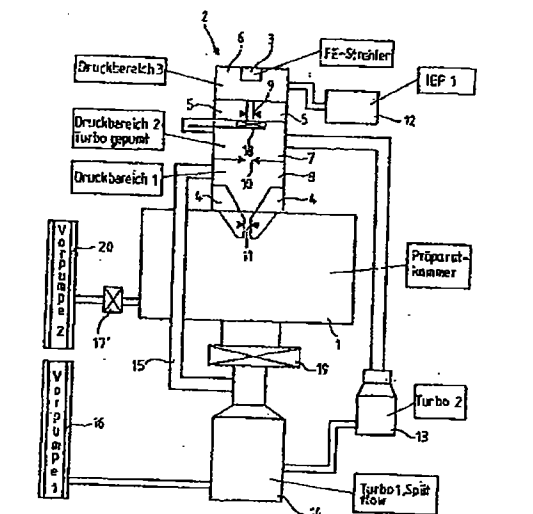
プレバレート室の圧力が比較的低い場合に対して適している、本発明の第1実施形態の原理図である。

#### 【図2】

プレバレート室の圧力が比較的高い場合に対して適している、本発明の第1実施形態の原理図である。



【圖 2】



Druckbereich 3: 圧力領域3 Druckbereich 2: 圧力領域2 Druckbereich 1: 圧力領域1  
Türste geöffnet ターボでエンジン  
Vorgewärmer 2: ソロポンプ 2. Vorgewärmer 1: ソロポンプ 1, V6-Stückchen: V6部品群  
Zylinderkammer: プレバークラム, Turbo 2: クーボ2, Turbo 1, Spitz: 尖塔 ターボ1, エンジンポン

## 【国際公開パンフレット】

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(18) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationaler Rat



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
17. Januar 2002 (17.01.2002)

PCT

(80) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/05310 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:  
37/1K, F04D 13/01

F01J 3/28

(71) Anmelder für alle Rechtsnachsukker mit Ausnahme  
von: ZSH, TEO, FEKTONTASMIKROSKOPIE,  
GAMBIC (DE/DE), 73446 Obertshausen (DE)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PC/1A/39/107591

(22) Internationales Anmeldedatum:

3. Juli 2001 (03.07.2001)

(72) Erfinder und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für (75): GNAZIG, Peter  
(DE/DE): Gnazigstrasse 4, 72764 Bad Rastbach (DE);  
DREXEL, Volker (DE/DE): Dornierstrasse 3, 89551  
Königsbrunn (DE)

(59) Erfindungssprache:

Deutsch

(24) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(74) Anwältin: GNAZIG, Klaus uvm.; Cid Zeiss,  
Patentschlichtung, 73446 Obertshausen (DE)

(38) Angaben zur Priorität:

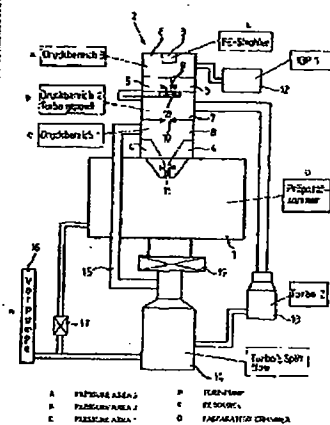
7. Juli 2000 (07.07.2000) DE

(81) Bestimmungsstaaten (optional): CZ, JP, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PARTICLE RADIATION DEVICE COMPRISING A PARTICLE SOURCE THAT IS OPERATED IN AN ULTRA  
HIGH VACUUM AND A CASCADE PUMP ASSEMBLY FOR A PARTICLE RADIATION DEVICE OF THIS TYPE

(55) Bezeichnung: TEILCHENSTRAHLGERÄT MIT EINER IN ULTRAHOCHVAKUUM ZU BETRIEBENDEN TEILCHEN-  
QUELLE UND KASKADENFÖRMIGE PUMPANORDNUNG FÜR EIN SOLCHES TEILCHENSTRAHLGERÄT



(57) Abstract: The invention relates to a particle radia-  
tion device comprising a particle source that is oper-  
ated in an ultrahigh vacuum and a preparation cham-  
ber which can be operated using variable pressures of  
up to 1 hPa. The inventive particle radiation device has  
two intermediate pressure areas (7, 8) located between  
the ultrahigh vacuum area (6) and the preparation cham-  
ber (11). The two intermediate pressure areas (7, 8) are  
purged by means of a pump assembly consisting of a  
fore pump (13) and two turbomolecular pumps (14, 15)  
connected in series, whereby one of the turbomolecu-  
lar pumps (13) is purged first by the drag phase (12) of  
the other turbomolecular pump (14). In one example of  
the invention, the fore pump (13) is also simultaneously  
used for evacuating the preparation chamber. In an al-  
ternative example, a second fore-pump (20) is provided  
for evacuating the preparation chamber (11). This specifi-  
cally allows the ultrahigh vacuum in the ultrahigh vacuum  
area (6) to be maintained up to pressures of 100 hPa in  
the preparation chamber (11). The inventive particle ra-  
diation device is used in particular as a variable pressure  
scanning electron microscope (VP-SEM) or as an envi-  
ronmental scanning electron microscope (ESEM).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/05310 A1



(84) Bestimmungsstaaten (regional: europäisches Patent) (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Zur Erklärung der Zweitbuchstaben-Codes und der weiteren Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidelines Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

mit internationalen Recherchenberichten  
 vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden  
 Frist. Veröffentlichung wird ausdrücklich, falls Änderungen  
 eintreffen

(87) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Teilchenstrahlgerät mit einer im Ultraschallraum zu beschleunigten Teilchenquelle und einer Präpandaktronen, die mit variablen Detektoren 1 bis 8 betreibbar ist. Das erfindungsgemäße Teilchenstrahlgerät hat zwischen dem Ultraschallraum 16 und der Präpandaktronen 11 zwei Zwischenhochdruckbereiche (7, 8). Beide Zwischenhochdruckbereiche (7, 8) werden mit Hilfe einer verteilten Pumpenanordnung aus einer Vorpumpe (16) und zwei Teilumwandelkollumpumpen (15, 14) erhalten, wobei eine der Teilumwandelkollumpumpen (15) durch die Drag-Stufe (24) der anderen Teilumwandelkollumpumpe (14) vorgespült ist. Bei einer Ausführungsbeispiel der Erfindung dient die Vorpumpe (16) gleichzeitig auch zum Evakuieren der Präpandaktronen. Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel ist eine zweite Vorpumpe (20) zum Evakuieren der Präpandaktronen (1) vorgesehen. Mit dieser Ausdehnung ist das Ultraschallraum im Teilchenstrahlgerät (6) bis zu Drücken von 100 MPa in der Präpandaktronen (1) aufrecht erhalten. Das erfindungsgemäße Teilchenstrahlgerät findet insbesondere Anwendung als sogenanntes Variable Pressure SEM (VPS SEM) oder als sogenanntes VPSSEM.

WO 02/45310

WCTE/PL/07597

## Beschreibung:

Teilchenstrahlgerät mit einer im Ultrahochvakuum zu betreibenden Teilchenquelle und kaskadenförmige Pumpenordnung für ein solches Teilchenstrahlgerät

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Teilchenstrahlgerät mit einer im Ultrahochvakuum zu betreibenden Teilchenquelle sowie eine kaskadenförmige Pumpenordnung für ein entsprechendes Teilchenstrahlgerät.

In der US 5 828 064 ist ein sogenanntes Environmental Scanning Elektronenmikroskop (ESEM) mit einer Feldemissionsquelle beschrieben. Derartige ESEM's erlauben die elektronenmikroskopische Untersuchung von Proben unter normalem Atmosphärendruck oder gegenüber dem normalen Atmosphärendruck nur geringfügig reduziertem Druck. Da andererseits Feldemissionsquellen und auch die häufig als Feldemissionsquellen bezeichneten sogenannten Schottky-Emitter für ihren Betrieb ein Ultrahochvakuum benötigen, ist das gesamte Elektronenmikroskop als differentiell gepumptes System mit drei Zwischendruckstufen aufgebaut. Das Gesamtsystem weist demzufolge fünf Druckbereiche auf, die durch vier Druckstufen oder Druckstufenblenden voneinander getrennt sind. Neben dem Aufwand für die Pumpen resultiert aus dem für die Vakuumschlüsse der drei Zwischendruckbereiche benötigten Bauraum ein zusätzlicher Bedarf an Bauhöhe, wie dieser allein für die elektronenoptischen Komponenten nicht erforderlich wäre.

Aus der US 4 720 633-A ist ein weiteres ESEM bekannt, bei dem jedoch das Vakuum in der Kammer der Elektronenquelle zu schlecht ist, um das Gerät mit einer Feldemissionsquelle zu betreiben.

Aus der US 5 717 204-A ist ein Elektronenmikroskop für die Inspektion in der Halbleiterfertigung bekannt, bei dem der Ultrahochvakuumbereich und der dem

WO 02/85370

PC/TX/POL/02597

Ultrahochvakuumbereich benachbarte Zwischendruckbereich durch Ionengitterpumpen evakuiert ist, die Probenkammer und der zur Probenkammer benachbarte Druckbereich sind jeweils durch eine separate Turbomolekularpumpe gepumpt, wobei die beiden Turbomolekularpumpen an die Ansaugseite einer gemeinsamen Vorpumpe angeschlossen sind. Derartige Inspektionsgeräte sind üblicher Weise nicht zum Betrieb mit einem schlechten Vakuum in der Probenkammer konzipiert.

Aus der DE 43 31 589-A1 ist eine kaskadenförmige Pumpenanordnung mit hinter einander geschalteten Turbomolekularpumpen bekannt, bei der jeweils der Auslaß einer Turbomolekularpumpe durch den Main Port einer vorgeschalteten Turbomolekularpumpe vorgepumpt ist, wobei die Ansaugseite der vorgeschalteten Turbomolekularpumpe über ein T-Stück gleichzeitig an einen Zwischendruckbereich angeschlossen ist. Durch diese kaskadenförmige Pumpenanordnung wird das Vakuum in dem von der vorgeschalteten Turbomolekularpumpe gepumpten Zwischendruckbereich durch den Gasstrom der nächst höheren Vakuumstufe belastet.

Aus der US 4 889 995-A ist ein Rasterelektronenmikroskop bekannt, bei dem eine von einer Rotationspumpe vorgepumpte Turbomolekularpumpe parallel über Ventile sowohl zum Evakuieren der Präparatkammer als auch der Kammer der Elektronenquelle und der Zwischendruckbereiche dient. Zusätzlich sind zur Evakuierung der Kammer der Elektronenquelle und der beiden benachbarten Zwischendruckbereiche Ultrahochvakuumpumpen vorgesehen. Mit einer solchen Pumpenanordnung ist ebenfalls ein Betrieb mit schlechtem Vakuum in der Probenkammer nicht möglich.

Aus einem Aufsatz in Japan. J. Appl. Phys. Suppl 2, S 249 ff. (1974) ist ein Elektronenmikroskop mit einer Pumpenanordnung aus ÖL-Diffusionspumpen bekannt. Öldiffusionspumpen sind jedoch wegen ihrer geringen Pumpkapazität bei hohen Drücken ungeeignet für Elektronenmikroskope, bei denen die Präparatkammer mit variierenden Drücken betreibbar sein soll.

W0 02/05310

ECT/EP01/07597

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein Korpuskularstrahlgerät, insbesondere ein Rasterelektronenmikroskop anzugeben, das trotz variablem Druck in der Probenkammer bis hin zu nahezu Umgebungsdruck und Ultrahochvakuum im Bereich der Teilchenquelle einen vereinfachten Aufbau aufweist. Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein Vakuumpumpensystem anzugeben, mit dem ein entsprechend vereinfachter Aufbau eines Korpuskularstrahlgerätes ermöglicht wird.

Diese Ziele werden erfindungsgemäß durch eine Pumpenanordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Teilchenstrahlgerät mit den Merkmalen des Anspruchs 4 erreicht.

Eine erfindungsgemäße kaskadenförmige Pumpenanordnung für ein Teilchenstrahlgerät weist zwei Turbomolekularpumpen auf, von denen die zweite Turbomolekularpumpe zum Vorpumpen des Ausganges der ersten Turbomolekularpumpe dient, wobei der Auslaß der zweiten Turbomolekularpumpe an einen zwischen dem Haupt-Pumpenport und dem Auslaß liegenden Zwischendruckbereich der ersten Turbomolekularpumpe angeschlossen ist.

Die erste Turbomolekularpumpe kann dabei eine sogenannte Split-Flow Pumpe sein, die einen zusätzlichen Pumpenport aufweist, der im Bereich der Drag-Stufe der Turbomolekularpumpe liegt. Dieser Drag-Stufen Pumpenport wird dann vorzugsweise zum Vorpumpen der zweiten Turbomolekularpumpe verwendet.

Als Drag-Stufe wird dabei üblicher Weise eine in Turbomolekularpumpen häufig eingesetzte Anordnung aus um einen Stator rotierenden Scheiben mit einer Erhöhung und einem Loch im Randbereich bezeichnet, die ausgangsseitig des letzten Rotorblattes der Turbomolekularpumpe angeordnet ist und zur zusätzlichen Kompression des gepumpten Gases dienen.

WO 01/05310

PCT/KR02/07597

Das Vorpumpen einer Turbmolekularpumpe durch das Vorvakuum eines Zwischendruckbereich, z.B. des Drag-Stufen Pumpenports, einer vorpumpenden Turbmolekularpumpe liefert den Vorteil, daß der Bereich des Haupt-Pumpenports nicht durch den Gasfluß der vorgepumpten Turbmolekularpumpe belastet wird. Dadurch läßt sich trotz der Doppelfunktion der vorpumpenden Turbmolekularpumpe ein besseres Vakuum in dem vom Haupt-Pumpenport evakuierten Bereich erzielen.

Das Teilchenstrahlgerät mit einer entsprechenden kaskadenförmigen Pumpenordnung weist eine im Ultrahochvakuum zu betreibende Teilchenquelle und eine Präparatkammer auf, die mit Drücken vom Hochvakuumbereich mit Drücken unter  $10^{-3}$  hPa bis mindestens 1 hPa (Hektopascal) betreibbar ist. Zwischen dem Ultrahochvakuumbereich der Teilchenquelle und der Probenkammer sind beim erfindungsgemäßen Teilchenstrahlgerät genau zwei weitere Druckbereiche vorgesehen.

Das Teilchenstrahlgerät weist demgemäß genau vier Druckbereiche auf, nämlich den Ultrahochvakuumbereich, in dem die Teilchenquelle angeordnet ist, zwei Zwischendruckbereiche und die Präparatkammer. Insgesamt ergeben sich damit beim erfindungsgemäßen Teilchenstrahlgerät drei Druckstufen, für die drei Druckstufenblenden insgesamt erforderlich sind.

Um mit nur drei Druckstufen auszukommen, ist der dem Ultrahochvakuumbereich benachbarte Druckbereich über eine Turbmolekularpumpe gepumpt. Weiterhin ist der Ansaß dieser Turbmolekularpumpe durch eine vorgeschaltete Turbmolekularpumpe vorgepumpt, wobei der Ansaß der Turbmolekularpumpe an die Drag-Stufe der vorgeschalteten Turbmolekularpumpe angeschlossen ist. Durch diese Pumpenanordnung wird der Druck in dem dem Ultrahochvakuumbereich benachbarten Druckbereich auf Werte größer  $10^{-4}$  hPa gehalten.

Bei einem weiterhin vorteilhaften Ausführungsbeispiel ist der Haupt-Pumpenport der ersten Turbmolekularpumpe an den der Probenkammer benachbarten Druckbereich

WU 0245318

PCT/JP00/07597

angeschlossen ist. Die erste Turbomolekularpumpe kann dadurch eine Doppelfunktion erfüllen, nämlich gleichzeitig den Auslaß der zweiten Turbomolekularpumpe vorpumpen und außerdem den der Probenkammer benachbarten Druckbereich evakuieren.

Weiterhin vorzugsweise ist eine Vorpumpe vorgesehen, durch die der Auslaß der ersten Turbomolekularpumpe vorgepumpt ist. Diese Vorpumpe kann zusätzlich dazu dienen, die Präparatkammer auf den gewünschten Druck zu evakuieren. Soweit das Teilchenstrahlgerät auch bei Drücken oberhalb 5 hPa in der Probenkammer betreibbar sein soll, empfiehlt sich jedoch eine zweite Vorpumpe zur Evakuierung der Präparatkammer vorzusehen, so daß die erste Vorpumpe ausschließlich den Auslaß der ersten Turbomolekularpumpe vorpumpt.

Nachfolgend werden Einzelheiten der Erfindung anhand der in den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert. Im einzelnen zeigen:

Figur 1: Eine Prinzipskizze eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung für geringere Kammerdrücke und

Figur 2: eine Prinzipskizze eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung für höhere Kammerdrücke.

In der Figur 1 ist mit (1) die Präparatkammer und mit (2) die elektronenoptische Säule des Teilchenstrahlgerätes bezeichnet. Die elektronenoptische Säule (2) weist drei Druckbereiche (6), (7), (8) auf, die jeweils durch Druckstufenblenden (9), (10), (11) voneinander getrennt sind. Der – geometrisch gesehen – oberste Druckbereich (6) der elektronenoptischen Säule (2) ist für die Aufrechterhaltung eines Ultrahochvakuum mit einem Druck kleiner  $5 \times 10^{-8}$  hPa ausgelegt. Dieser Ultrahochvakuumbereich wird über eine Ionengetterpumpe (12) evakuiert. In diesem Ultrahochvakuumbereich ist die Teilchenquelle (3) in Form einer Feldemissionsquelle bzw. eines Schottky-Emitters angeordnet.



WO 02/05370

PCT/EP01/07597

Zwischen dem Ultrahochvakuumbereich (6) und dem zu diesem benachbarten Zwischendruckbereich (7) ist der Kondensor (5) des Teilchenstrahlgerätes angeordnet, von dem in der Figur 1 nur die Polschuhe angedeutet sind. Etwa in Höhe des oder – in Ausbreitungsrichtung der Elektronen gesehen – hinter dem Polschuhspalt der Kondensorrinne (5) ist die Druckstufenblende (9) angeordnet, die für die Aufrechterhaltung eines geeigneten Druckunterschiedes zwischen dem Ultrahochvakuumbereich (6) und dem zu diesem benachbarten Zwischendruckbereich (7) gewährleistet.

Auf den ersten Zwischendruckbereich (7) folgt ein zweiter Zwischendruckbereich (8), der von dem ersten Zwischendruckbereich (7) durch eine zweite Druckstufenblende (10) getrennt ist. Zwischen diesem zweiten Zwischendruckbereich (8) und der Präparatkammer ist die Objektivlinse (4) des Teilchenstrahlgerätes angeordnet, von der in der Figur 1 ebenfalls nur die Polschuhe angedeutet sind. Zwischen oder – in Ausbreitungsrichtung der Elektronen gesehen – vor den Polschuhen der Objektivlinse (4) ist die dritte Druckstufenblende (11) angeordnet, die einen geeigneten Druckunterschied zwischen dem zweiten Zwischendruckbereich (8) und der Präparatkammer (1) sicherstellt.

Für die Einstellung geeigneter Vakuumbedingungen ist beim Ausführungsbeispiel der Figur 1 neben der Ionengetterpumpe (12) für den Ultrahochvakuumbereich (6) eine kaskadenförmige Pumpenanordnung aus einer Vorpumpe (16) und zwei teilweise ebenfalls seriell geschalteten Turbomolekularpumpen (13), (14) vorgesehen. Die Vorpumpe (16) erfüllt dabei eine Doppelfunktion. Die Vorpumpe (16) dient einerseits zum Evakuieren der Präparatkammer (1) direkt über eine separate Rohrverbindung und gleichzeitig zum Abpumpen des Ausganges (25) der ersten Turbomolekularpumpe (14). Die Evakuierung der Präparatkammer (1) ist dabei über ein Ventil (17) in der Rohrverbindung regelbar. Der Druck in der Präparatkammer ist über ein nicht dargestelltes, regelbares Gasinlaßventil einstellbar.

Die erste Turbomolekularpumpe (14) ist als leistungstarke sogenannte Split-Flow-Pumpe ausgelegt und erfüllt eine Dreifachfunktion. Der Ansaugstutzen des Haupt-Pumpenports

WO 02/05310

FC/ST/PUL/07597

(21) ist über eine Rohrleitung (15) direkt an den zur Präparatkammer (1) benachbarten Zwischendruckbereich (8) angeflanscht und sorgt dadurch für eine direkte Evakuierung dieses Zwischendruckbereiches. Gleichzeitig ist der Ansaugstutzen des Haupt-Pumpenports (21) über ein zweites Ventil (19) unmittelbar an die Präparatkammer (1) angeschlossen. Der Ansaugstutzen des Drag-Stufen Ports (22) der ersten Turbomolekularpumpe (14) ist weiterhin an den Auslaß der zweiten Turbomolekularpumpe (13) angeschlossen, so daß die erste Turbomolekularpumpe (14) zusätzlich zur Evakuierung des der Probenkammer (1) benachbarten Zwischendruckbereiches (8) zum Vorpumpen der zweiten Turbomolekularpumpe (13) über den Drag-Stufen Port (22) dient. Der Ansaugstutzen (23) der zweiten Turbomolekularpumpe (13) ist an den zum Ultrahochvakuumbereich (6) benachbarten Zwischendruckbereich (7) direkt angeschlossen.

Soweit vorstehend oder nachfolgend von einem direkten Anschluß einer Vakuumpumpe an einen Druckbereich gesprochen ist, ist damit gemeint, daß die durch diese Pumpe erfolgende Evakuierung des betreffenden Druckbereiches direkt erfolgt, also ohne daß die von dieser Pumpe abgepumpten Gasmoleküle zwischen dem betreffenden Druckbereich und dem Ansaugstutzen der Pumpe einer Druckstufenblende passieren müssen.

Das vorstehend beschriebene Vakuumsystem ist ein differentiell gepumptes Vakuumsystem mit insgesamt vier Druckbereichen.

Mit der beschriebenen kaskadenförmigen, seriell geschalteten Pumpenanordnung läßt sich mit Hilfe einer einzigen Ionengetterpumpe (12), den zwei Turbomolekularpumpen (13), (14) und einer einzigen Vorpumpe (16) ein Ultrahochvakuum mit Drücken kleiner  $5 \times 10^{-4}$  hPa in der Ultrahochvakuumkammer (6) bei Drücken zwischen 5 hPa und  $10^{-3}$  hPa in der Präparatkammer (1) aufrechterhalten. Bei gewünschten Drücken in der Präparatkammer (1) zwischen  $10^{-3}$  hPa und 5 hPa ist dabei das Ventil (17) zwischen der Vorpumpe (16) und der Präparatkammer (1) geöffnet und das zweite Ventil (19) zwischen der ersten Turbomolekularpumpe (14) und der Präparatkammer (1) geschlossen. Das Vakuum in der

WU 0205310

ECT/EPO107597

Präparatkammer (1) ist dann ausschließlich durch das mit der Vorpumpe (16) erreichbare bzw. an dieser eingeregelter Vakuum bestimmt. Durch das Vorpumpen des Auslasses (26) der zweiten Turbomolekularpumpe durch das Vorvakuum der Drag-Stufe (24) der ersten Turbomolekularpumpe (14) und dadurch, daß die nahezu komplette Pumpleistung der ersten Turbomolekularpumpe (14) ausschließlich zum Pumpen des der Präparatkammer benachbarten Zwischendruckbereichs (8) dient, wird sicher gestellt, daß in dem dem Ultrahochvakuumbereich benachbarten Zwischendruckbereich (7) ein Vakuum zwischen  $10^{-4}$  und  $10^{-6}$  hPa aufrechterhalten wird.

Bei Drücken unter  $10^{-2}$  hPa in der Präparatkammer (1), die mit der Vorpumpe (16) nicht erreichbar sind, wird das erste Ventil (17) zwischen der Vorpumpe (16) und der Präparatkammer (1) geschlossen und das zweite Ventil (19) zwischen der Präparatkammer (1) und der ersten Turbomolekularpumpe (14) geöffnet. Die Vorpumpe (16) dient dann ausschließlich zum Vorpumpen der ersten Turbomolekularpumpe (14). Sowohl die Präparatkammer (1) als auch der der Präparatkammer (1) benachbarte Zwischendruckbereich (8) werden dann durch die erste Turbomolekularpumpe (14) direkt gepumpt. Die in der Objektiviinse (4) angeordnete Druckstufenblende (11) ist in diesem Fall ohne Wirkung. Durch die mit der ersten Turbomolekularpumpe (14) vorgepumpte zweite Turbomolekularpumpe (13) wird auch in diesem Fall in dem dem Ultrahochvakuumbereich (6) benachbarten Zwischendruckbereich (7) ein Vakuum zwischen  $10^{-4}$  und  $10^{-6}$  hPa aufrechterhalten.

In beiden Fällen liegt das Vorvakuum der Drag-Stufe (24) der ersten Turbomolekularpumpe, durch das die zweite Turbomolekularpumpe (13) vorgepumpt wird, in einem Bereich zwischen  $10^{-4}$  hPa und  $10^{-6}$  hPa.

Damit bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel auch beim Öffnen der Präparatkammer (1) das Ultrahochvakuum im Ultrahochvakuumbereich (6) aufrechterhalten wird, ist innerhalb der elektronenoptischen Säule, vorzugsweise zwischen dem

WU 0205310

PC/DEPULU7597

Ultrahochvakuumbereich und dem dem Ultrahochvakuumbereich benachbarten Druckbereich (7) ein Absperrventil (18) vorgesehen, das vor dem Öffnen der Präparatkammer (1) geschlossen wird. Die Vorpumpe (16) und die beiden Turbomolekularpumpen (13), (14) können dadurch beim Öffnen der Präparatkammer (1) außer Betrieb gesetzt werden.

Das in der Figur 2 dargestellte Ausführungsbeispiel entspricht im wesentlichen dem Ausführungsbeispiel in Figur 1. Demzufolge sind in der Figur 2 diejenigen Komponenten, die denen des Ausführungsbeispiels nach Figur 1 entsprechen, mit identischen Bezugszeichen versehen. Soweit beide Ausführungsbeispiele übereinstimmen, wird bzgl. Figur 2 auf die vorstehende Beschreibung der Figur 1 verwiesen.

Der wesentliche Unterschied zwischen dem Ausführungsbeispiel nach Figur 2 und dem nach Figur 1 besteht darin, daß die Vorpumpe (16) beim Ausführungsbeispiel nach Figur 2 ausschließlich zum Vorpumpen der ersten Turbomolekularpumpe (14) dient, deren vorvakuumseitige Dragsstufe (24) wiederum zum Vorpumpen der zweiten Turbomolekularpumpe (13) dient. Zum Evakuieren der Präparatkammer (1) ist eine zweite Vorpumpe (20) vorgesehen, deren Pumpleistung wiederum über ein erstes Ventil (17') regelbar ist. Mit dieser alternativen Pumpenanordnung mit einer zweiten Vorpumpe (20) ist das Teilchenstrahlgerät unter Aufrechterhaltung des Ultrahochvakums im Ultrahochvakuumbereich (6) auch bei Drücken in der Präparatkammer bis 100 hPa einsetzbar. Bei Kammerdrücken unter  $10^{-2}$  hPa in der Präparatkammer (1) wird sowohl die Präparatkammer (1) als auch der der Präparatkammer (1) benachbarte Zwischendruckbereich (8) ausschließlich über die erste Turbomolekularpumpe gepumpt. In diesem Fall ist das erste Ventil (17') zwischen der zweiten Vorpumpe (20) und der Präparatkammer (1) geschlossen und das zweite Ventil (19) zwischen der ersten Turbomolekularpumpe (14) und der Präparatkammer (1) geöffnet. Bei Drücken zwischen  $10^{-2}$  und 100 hPa ist demgegenüber das erste Ventil (17') geöffnet, so daß die Präparatkammer (1) durch die zweite Vorpumpe (20) evakuiert wird, und das zweite Ventil (19) geschlossen. Der aufgrund der höheren Kammerdrücke stärkere Gasstrom zwischen

WO 97/05310

ECT/EPO/87597

der Präparatkammer und der der Präparatkammer (1) benachbarten Zwischendruckkammer (8) wird bei diesem Ausführungsbeispiel dadurch abgefangen, daß die erste Vorpumpe (16) ausschließlich zum Vorpumpen der ersten Turbomolekularpumpe (14) dient, die dadurch eine entsprechend erhöhte Förderleistung erhält. Auch in diesem Fall gewährleistet die durch die Drag-Stufe (24) der ersten Turbomolekularpumpe (14) mit einem Vorvakuum im Bereich zwischen  $10^{-4}$  hPa und  $10^{-6}$  hPa vorgepumpte zweite Turbomolekularpumpe (13) die Aufrechterhaltung eines Vakuums zwischen  $10^{-4}$  und  $10^{-6}$  hPa in dem an den Ultrahochvakuumbereich (6) angrenzenden Zwischendruckbereich (7).

Bei dem in der Figur 2 dargestellten Ausführungsbeispiel wird zwischen dem Ultrahochvakuumbereich (6) und der Präparatkammer eine Druckdifferenz von bis zu 10 Größenordnungen, also von  $10^{10}$  hPa über nur zwei Zwischendruckbereiche aufrecht erhalten.

Grundsätzlich denkbar wäre es auch, wie beim zitierten Stand der Technik, auch den an den Ultrahochvakuumbereich angrenzenden Zwischendruckbereich (7) mittels einer zweiten Ionengitterpumpe zu evakuieren. In diesem Fall wäre dann der an die Präparatkammer (1) angrenzende Zwischendruckbereich mittels einer durch die Drag-Stufe einer Turbomolekularpumpe vorgepumpten Turbomolekularpumpe zu evakuieren. Die zweite Ionengitterpumpe müßte dann jedoch mit sehr hoher Pumpleistung ausgelegt sein, wodurch wiederum wegen der größeren Abmessungen der Ionengitterpumpe eine größere Bräuhöhe der elektronenoptischen Säule resultieren würde.

WO 02/053310

PCT/HK/01/07597

## Patentansprüche:

1. Kaskadenförmige Pumpenanordnung für ein Teilchenstrahlgerät mit einer ersten und einer zweiten Turbomolekularpumpe (13, 14), wobei der Auslaß (26) der zweiten Turbomolekularpumpe (13) durch einen zwischen dem Haupt-Pumpenport (21) und dem Auslaß (25) der ersten Turbomolekularpumpe (14) liegenden Zwischendruckbereich (24) vorgepumpt ist.
2. Kaskadenförmige Pumpenanordnung nach Anspruch 1, wobei die erste Turbomolekularpumpe (14) eine Split-Flow-Pumpe mit einem Anschlußstutzen (22) an der Drag-Stufe (24) ist und der Auslaß (26) der zweiten Turbomolekularpumpe (13) an die Drag-Stufe (24) der ersten Turbomolekularpumpe (14) angeschlossen ist.
3. Pumpenanordnung nach Anspruch 1 oder 2, wobei eine weitere Vorpumpe (16) zum Vorpumpen des Auslasses (25) der ersten Turbomolekularpumpe (14) vorgesehen ist.
4. Teilchenstrahlgerät, das eine im Ultrahochvakuum zu betreibende Teilchenquelle (3) und eine Präparatkammer (1) aufweist, die mit Drücken vom Hochvakuum mindestens bis zu 1 hPa betreibbar ist, und wobei eine kaskadenförmige Pumpenanordnung nach einem der Ansprüche 1 - 3 vorgesehen ist.
5. Teilchenstrahlgerät nach Anspruch 4, wobei zwischen dem Ultrahochvakuumbereich (6) der Teilchenquelle und der Probenkammer (1) genau zwei weitere Zwischendruckbereiche (7), (8) vorgesehen sind.
6. Teilchenstrahlgerät nach einem der Ansprüche 4 - 5, wobei der dem Ultrahochvakuumbereich (6) benachbarte Druckbereich mittels der zweiten Turbomolekularpumpe (13) gepumpt ist.

WO 02/05310

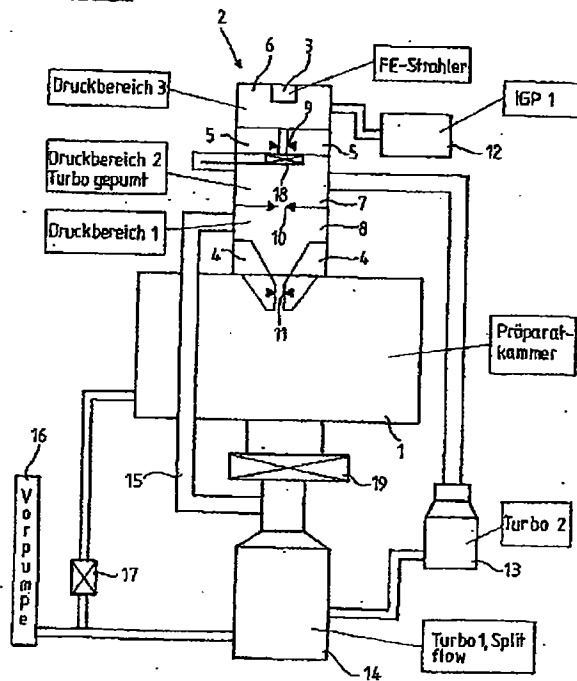
PCT/JP01/07597

7. Teilchenstrahlgerät nach einem der Ansprüche 4 - 6, wobei die erste Turbomolekularpumpe (14) über den Haupt-Pumpenport (21) gleichzeitig direkt an den der Präparatkammer (1) benachbarten Druckbereich (8) angeschlossen ist.
8. Teilchenstrahlgerät nach Anspruch 7, wobei die Vorpumpe (16) über ein Ventil (17) direkt an die Präparatkammer (1) angeschlossen ist.
9. Teilchenstrahlgerät nach einem der Ansprüche 4 bis 8, wobei die erste Turbomolekularpumpe (14) zusätzlich über ein weiteres Ventil (19) direkt an die Präparatkammer (1) angeschlossen ist.
10. Teilchenstrahlgerät nach einem der Ansprüche 8 - 9, wobei eine zweite Vorpumpe (20) vorgesehen und an die Präparatkammer (1) angeschlossen ist.
11. Teilchenstrahlgerät nach einem der Ansprüche 4 bis 10, wobei eine Ionengetterpumpe (12) zum Evakuieren des Ultrahochvakuumbereiches (9) vorgesehen ist.

WI 0205310

PCT/EP01/07597

1/2

FIG.1

ERSATZBLATT (REGEL 26)

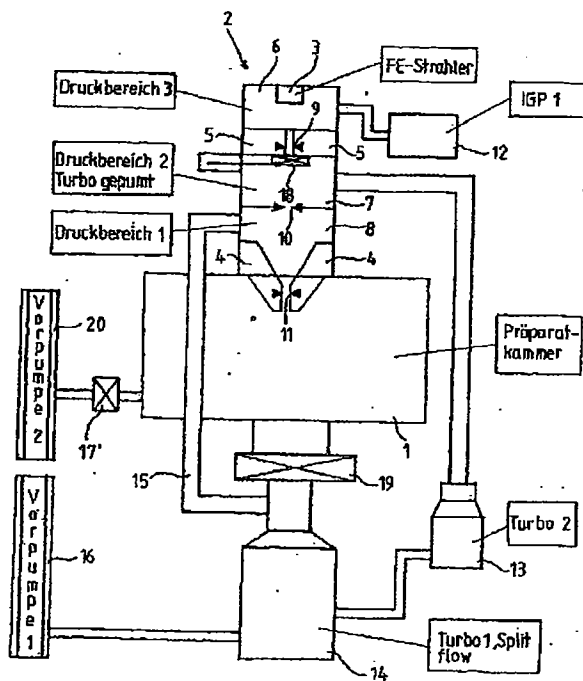


WO 02/05310

PCT/EP01/02597

2/2

FIG.2



ERSATZBLATT (REGEL 26)

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H01J37/28 H01J37/18 F04D19/04		Int. Application No. PCT/EP 01/07597
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC:		
B. FIELDS SEARCHED Mailing document(s) searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H01J F04D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the table searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search keywords) EPO-Internal, PAJ, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of documents, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Referred to claim No.
A	US 5 828 064 A (KNOWLES W RALPH) 27 October 1998 (1998-10-27) cited in the application abstract: figure 3	1
A	US 5 733 104 A (GANSCHOW OTTO ET AL) 31 March 1998 (1998-03-31) column 5 - column 6; figures 6-8	1
A	US 4 651 171 A (TARNOWSKI ANDREW A) 17 March 1987 (1987-03-17) figure 3	1
A	US 6 030 189 A (BOHM THOMAS ET AL) 29 February 2000 (2000-02-29) column 2, line 25 - line 29	1
<input checked="" type="checkbox"/> Former documents are cited in the construction of the C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members cited in office		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "B" earlier document but published on or after the international filing date "C" document which may have doubt as to priority claim(s) at which is cited to establish the publication date of another document or other special reason (by Applicant) "D" document relating to an oral disclosure, use, exhibition or other means "E" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
"F" later document published after the international filing date or priority date used in the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "G" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "H" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone or with other such documents, each combination being obvious to a person skilled in the art "I" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone or with other such documents, each combination being obvious to a person skilled in the art		
Date of the actual completion of the international search 15 November 2001		Date of mailing of the international search report 21/11/2001
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. Box 16 6800 Mannheim 2 DE - 6800 Mannheim Tel. (+49-7231) 340-3344, 31 343 344 Fax. (+49-7231) 340-3316		Authorized officer Destreich, S

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2000)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Citations of documents considered to be relevant		
Citation of document, with indications, where appropriate, of the relevant passages		Referred to claim(s)
P, A	WO 00 46500 A (VARIAN INC) 10 August 2000 (2000-08-10) abstract; figure 1	1
A	EP 0 643 227 A (BOC GROUP PLC) 15 March 1995 (1995-03-15) abstract	1

Form PCT/ISA/210 (part of international application) (July 2002)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
Information on patent family members

International Application No.  
PCT/EP 01/07597

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5828064	A	27-10-1998	EP 0786145 A1 WO 9707525 A1	30-07-1997 27-02-1997
US 5733104	A	31-03-1998	DE 4331589 A1 EP 0603694 A1 JP 6280785 A	30-06-1994 29-06-1994 04-10-1994
US 4651171	A	17-03-1987	CA 1253196 A1 DE 3665378 D1 EP 0199575 A2	25-04-1989 05-10-1989 29-10-1986
US 6030189	A	29-02-2000	DE 29516599 U1 WO 9715760 A1 EP 0856108 A1 JP 11513775 T	07-12-1995 01-05-1997 05-08-1998 24-11-1999
WO 0046508	A	10-08-2000	US 6193461 B1 EP 1068456 A1 WO 0046508 A1	27-02-2001 17-01-2001 10-08-2000
EP 0643227	A	15-03-1995	EP 0643227 A1 JP 7151092 A US 5611660 A	15-03-1995 13-06-1995 18-03-1997

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In: Österreich  
PCT/EP 01/07597

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS IPK 7 H01J37/28 H01J37/18 F04019/04		
Nach dem internationalen Patentsystem (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHERTE GEBIETE Recherchierter Mischbereich (Patentklassifikation und Klassifikationsgebiete) IPK 7 H01J F04D		
Technische aber nicht zum Wesen der Erfindung gehörende Vorschriften, soweit diese einer Recherche nachteilig sein können		
Während der Recherche haben Recherchende folgende Datenbanken (Name der Datenbank und mit verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, PAJ, WPI Data		
C. ALS WESSENTLICH ANZUSEHENE UNTERLAGEN		
Zusammenfassung der Veröffentlichung, soweit schriftlich unter Angabe der in der PCT-Anmeldung angeführten Daten	Publ. Anmerk. Nr.	
A	US 5 828 064 A (KNOWLES W RALPH) 27. Oktober 1998 (1998-10-27) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildung 3	1
A	US 5 733 104 A (GANSCHOW OTTO ET AL) 31. März 1998 (1998-03-31) Spalte 5 - Spalte 6; Abbildungen 6-8	1
A	US 4 651 171 A (YARNOWSKI ANDREW A) 17. März 1987 (1987-03-17) Abbildung 1	1
A	US 6 030 189 A (BOHM THOMAS ET AL) 29. Februar 2000 (2000-02-29) Spalte 2, Zeile 25 - Zeile 29	1
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Die in der Anmeldung angegebenen Prioritätsansprüche sind der Fortsetzung von Feld C mit anzufügen <input type="checkbox"/> Die in der Anmeldung angegebenen Prioritätsansprüche sind der Fortsetzung von Feld C mit anzufügen		
* Besondere Kategorien von eingereichten Veröffentlichungen: "A" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert. "B" Nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "C" Nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert. "D" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "E" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "F" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "G" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "H" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "I" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "J" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "K" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "L" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "M" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "N" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "O" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "P" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "Q" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "R" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "S" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "T" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "U" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "V" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "W" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "X" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "Y" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung. "Z" Veröffentlichung, die das allgemeine Stand der Technik definiert, aber nicht als Prioritätsanspruch geltend gemachte Veröffentlichung.		
Datum des Abschließens des internationalen Recherchens		
15. November 2001		
Name und Postanschrift der internationalen Rechercheinrichtung		
Europäisches Patentamt, P.O. Box 2010, 1115 Luxembourg Tel. (+352) 4601-1 Fax. (+352) 4601-2010		
Abgeschlossen des internationalen Recherchens		
21/11/2001		
Name und Postanschrift der Rechercheinrichtung		
Österreich, S		

Formular PCT/AR 01/01 (1.1.2001)

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In: Standard Altkennzeichen  
PCT/EP 01/07597

C-Prüfung/ ALS WESENTLICH ANGEZEIGTE UNTERLAGEN		
Kategorie	Beschreibung der Veröffentlichung, soweit ersichtlich unter Angabe der in Record 3 benannten Teile	Bedr. Anspruch Nr.
P, A	WO 00 46508 A (VARIAN INC) 10. August 2000 (2000-08-10) Zusammenfassung; Abbildung 1	1
A	EP 0 643 227 A (BOC GROUP PLC) 15. März 1995 (1995-03-15) Zusammenfassung	1

Formblatt PCT/AS/113 Fortsetzung von Form B (Juli 1993)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT				PCT/EP 01/07597	
Angaben zu Veröffentlichung				in der Anmeldung	
Im Recherchenbericht angegebene Patentdokumente	Datum der Veröffentlichung	Art der Veröffentlichung	Art der Veröffentlichung	Datum der Veröffentlichung	
US 5828064	A	27-10-1998	EP WO	0786145 A1 9707525 A1	30-07-1997 27-02-1997
US 5733104	A	31-03-1998	DE EP JP	4331589 A1 0603694 A1 6280785 A	30-06-1994 29-06-1994 04-10-1994
US 4651171	A	17-03-1987	CA DE EP	1253196 A1 3666378 D1 0199575 A2	25-04-1989 05-10-1989 29-10-1986
US 6030189	A	29-02-2000	DE WO EP JP	29516599 U1 9715760 A1 0856108 A1 11613775 T	07-12-1995 01-06-1997 05-08-1998 24-11-1999
WO 0046508	A	10-08-2000	US EP WO	6193461 B1 1068455 A1 0046508 A1	27-02-2001 17-01-2001 10-08-2000
EP 0643227	A	15-03-1995	EP JP US	0643227 A1 7151092 A 5511660 A	15-03-1995 13-06-1995 18-03-1997